

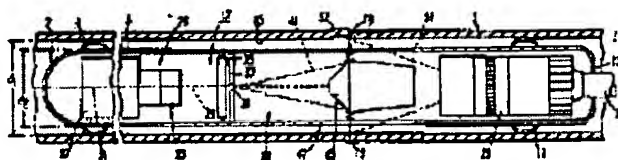
OPTICAL INSPECTION DEVICE FOR INTERNAL SURFACE OF TUBULAR PRODUCT

Patent number: JP10197215
Publication date: 1998-07-31
Inventor: NICOLA G ARLIA; LAWRENCE J ZAANA; JAMES C SEYMORE
Applicant: WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP <WE>
Classification:
- **International:** G01B11/00; G01N21/88
- **European:**
Application number: JP19970351444 19971219
Priority number(s):

Abstract of JP10197215

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the cost performance of an optical inspection device used for inspecting the inside of thin a heat-exchanger pipe by simplifying the structure of the inspection device.

SOLUTION: A battery-driven diode laser 25 is incorporated in the front end 7 of a narrow and long tubular casing 5 inserted into a tubular product 3 to be inspected. The diode laser 25 emits a laser beam 29. A diffraction grating 35 having an aperture 39 on the rear side generates single hollow conical laser light radiation 41 and the radiation 41 is projected outward in the lateral direction through the transparent section 47 of the casing 5 by means of a conical mirror 45 which is axially aligned with the grating 35 in a oppositely facing state, resulting in continuous ring-like radiation upon the internal wall surface 15 of the product 3. A small-sized electronic camera 21 incorporated in the base-side end 13 of the casing 5 on the rear side of the mirror 45 catches the complete image of the continuous ring-like radiation projected upon the internal wall surface 15 of the product 3.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-197215

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月31日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

H

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

B

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-351444

(22) 出願日 平成9年(1997)12月19日

(31) 優先権主張番号 08/769914

(32) 優先日 1996年12月19日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590004419

ウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

アメリカ合衆国、ペンシルベニア州、ピッツバーグ、ゲイトウェイ・センター (番地なし)

(72) 発明者 ニコラ・ジー・アーリア

アメリカ合衆国、ペンシルベニア州、ピッツバーグ、ティース・アベニュー 564

(74) 代理人 弁理士 曾我 道照 (外6名)

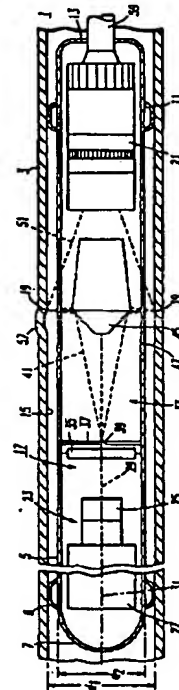
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 管状製品の内壁の光学検査装置

(57) 【要約】

【課題】 細い熱交換器管の内部を検査する光学検査装置の構造をシンプルにしてコスト効率を向上する。

【解決手段】 バッテリ駆動のダイオードレーザ25が、検査される管状製品3の中に挿入される細長の管状ケーシング5の先端7の中に設けられる。ダイオードレーザ25はレーザビーム光29を発生する。アパーチャ39が後ろにある回折格子35は、単一の中空円錐形レーザ光放射41を発生し、これは回折格子35に対向し且つ軸方向に並んで位置合わせされた円錐ミラー45によって、管状ケーシング5の透明部47を通して横方向外向きに投射されて管状製品3の内壁表面15上に連続輪状の放射を投ずる。管状ケーシング5の基端13の中に円錐ミラー45の後ろを向いて設けられた小型の電子カメラ21が、管状製品3の内壁表面15上に投じられた連続輪状の放射の完全な像を捕捉する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 管状製品内に挿入自在な細長のプローブハウジング、

前記細長のプローブハウジング内に設けられレーザー光放射を発生すると共に前記管状製品の内壁へ前記レーザー光放射の構成パターンを投ずるパターン発生手段、及び前記細長のプローブ内に設けられ前記管状製品の内壁上の前記レーザー光放射の構成パターンの像を捕らえる電子カメラを有する管状製品の内壁の光学検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】本発明は、熱交換器管のように幅の狭い管状製品の壁を、その管状製品の中で発生したレーザー放射のリングをその製品の内壁に投じ且つその像をビデオカメラを用いて捕らえることにより光学的に検査する装置に関する。

【0002】

【発明の背景】管状製品、特に熱交換器の管のように圧力を受けて運転されるものの信頼性ある性能は、検査が定期的に為されることを必要としている。加圧水型原子力発電所の蒸気発生器の管が一つの良い例である。原子力規制委員会の規則は、ブランドの燃料交換のための運転停止期間に定期的な原子力発電所評価を行うことを要求している。蒸気発生器管の評価は、全ブランド稼働率を改善することを目的とする予防的或いは補正的保守プログラムの切り離せない一部である。管の検査は、継続運転のための管の健全性を確保するために管の状態の特性を明らかにするための手段を提供する。個々の管の状況は、厳しい運転環境からくる漸進的な材質劣化、外部力の影響を、そして時には検査乃至点検補修手順の影響をも、含む種々な要因によって、蒸気発生器の運転過程において変化する。デンテング（窄み）を起こしたり、損傷されたりした管は、高く且つ一様でない応力及び歪みを受けており、よって材質劣化や損傷の加速に対して敏感である。

【0003】蒸気発生器管の検査は、管の内径が例えば12.7mm(1/2インチ)乃至25.4mm(1インチ)のように非常に小さいことがあるという事実により複雑化される。従来より、蒸気発生器管内部の評価は、多周波渦電流技術を用いて行なわれてきた。渦電流検査は、管の中に誘導された渦電流の流れにおける変化を測定することによって、管壁の材質劣化や形状の変化を測定する。特定のパターンが材質劣化、デンテング（凹み）、付着又は異常な形状を示す。しかしながら、この方法は、管の内面の高精度の特性化に必要な解像度を提供できないし、そして評価を受けている管の外部の条件或いは物体の影響を受ける。

【0004】別の管検査方法が米国特許第4,725,883号に記載されている。機械的なフィーラゲージを担持したプローブが管の内部に挿入される。小型の電荷

結合デバイス（CCD）カメラがフィーラゲージと管内壁との交差像を捕捉する。この像は管の内面の欠損を識別するために分析される。このような検査装置は解像度を制限してきた。

【0005】ごく最近において、管の中に挿入されているプローブに外部で発生されたレーザー光を伝送する光ファイバを使用する検査装置が提供されている。レーザー光は、回転ミラーにより横方向へ偏向され、光の輪を管の内壁上に投ずる。管の壁との光の輪の交差の像は、円錐形ミラーによって2軸光検出器上に導かれるが、その検出器は側方効果（lateral-effect）検出器或いは電荷結合デバイス（CCD）検出器のどちらでも良い。該装置は、光の輪を発生するために1800rpmで回転するミラー系を必要とする。この回転ミラー機構が2軸光検出器のサイズを減少する。

【0006】他の管検査用レーザー装置も、管の中に挿入されているプローブに外部で発生されたレーザー光を伝送する光ファイバを使用している。コリメーティングレンズは、特別のパノラマ式ドーナツ形レンズの中心を通してレーザー光を円錐形ミラーに集束し、これは光の連続輪をプローブの窓を通して管壁に投じる。照明された表面の像はパノラマ式ドーナツ形レンズを通じて集められ、そして管の外にある光検出器へ送るためにコリメーティングレンズを通して供給光ファイバを囲んでいるコヒーレントな光ファイバ束へ導かれる。この装置は、光ファイバ束の解像度によって制限を受ける解像度を有し、そして複雑なパノラマ式ドーナツ形レンズを必要とする。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、管状製品、特に熱交換器管のような小さい内径を持つもの、の検査装置に対する改善のニーズがある。高い解像度を有する前述の装置に対する特別のニーズがある。シンプルで全息的であって高い解像度を有し、好ましくは回転するミラーや複合レンズを必要としない前述の装置に対するニーズがある。

【0008】

【発明の概要】これら及び他のニーズは、管状製品の中に挿入されるプローブを有する管状製品の光学検査装置を指向した本発明によって満たされる。そのプローブのハウジング内に設けられたパターン発生手段は、レーザー光の放射（広がり）を発生すると共にその管状製品の内壁上へ前記レーザー光放射の構成パターンを投ずる。管状製品の内壁上の前記レーザー光放射の構成パターンの像を捕らえるために電子カメラが又、その細長のプローブハウジング内に設けられる。このようにして、レーザー光の放射源とレーザー光放射の構成パターンを発生する手段、並びに管状製品の内壁上のレーザー放射の構成パターンの像を捕らえる電子カメラが全て、管状製品の中に挿入されるプローブの中に組み込まれる。レーザーエネルギーを管状製品の内外に伝送するための光ファイバは必要とし

ない。まさにそのようにして、プローブハウジングは25.4mm(1インチ)より小さい外径を持ち、そして12.7mm(1/2インチ)より小さい外径を持つことさえある。

【0009】プローブハウジング内に設けられたパターン発生手段は、レーザビーム光を発生するダイオードレーザと管状製品の内壁に投じられるレーザ光放射の構成パターンをそのレーザビーム光から発生する手段とを有する。細長のプローブハウジングは、先端と基端とを有する。パターン発生装置はそのプローブハウジングの中にその先端に面して設けられ、そして電子カメラはプローブハウジングの中にその基端に面して設けられ、その結果カメラ用電線は基端に向かって延びている。

【0010】自己電源を備えた自立型ダイオードレーザは、プローブハウジングの先端に面して位置している。そのダイオードレーザとビデオカメラとの間に、ダイオードレーザによって発生されたレーザビーム光からリング状のレーザ光放射を発生するための手段が設けられている。これは、該レーザビーム光から中空円錐形のレーザ光放射を発生する手段及びその中空円錐を光の連続リングとして管状製品の壁に投ずる手段を含んでいる。

【0011】好適な実施形態において、ダイオードレーザは、プローブハウジングの中心軸に沿って、レーザビーム光をその基端に向かって導く。レーザ光放射の中空円錐を発生する手段は好ましくは回折格子であり、管状製品の内壁にレーザ光放射の中空円錐を投じる手段は、レーザビーム光に一致する中心軸を有すると共にその回折格子に対向する円錐形ミラーを有する。電子カメラは、円錐ミラーの中心軸に中心軸が一致して配列され、その円錐ミラーの背面に対向しているビデオカメラである。パターン発生手段は、回折格子と円錐ミラーとの間に位置してレーザ光放射の単一中空円錐と円錐ミラーに向かう中心光のみを通すようにサイズが決められているアパーチャを画成する手段を更に有する。円錐ミラー手段は、光吸収仕上げを有する截頭端部を具備した截頭円錐ミラーを有し、その光吸収仕上げには回折格子によって単一の中空円錐と一緒に発生された中心光が衝突し、吸収される。截頭円錐ミラーは、プローブハウジングに向かって外向きに延びる半径方向サポートによってレーザビーム光及びビデオカメラに同軸に支持される。この半径方向サポートは、円錐ミラーによって管状製品の内壁上に投じられるレーザ光放射の輪の通路、即ち管状製品の内壁上のレーザ光放射の輪とビデオカメラの間の視野線の中に無いように位置される。

【0012】

【発明の実施の形態】次の好適な実施形態の説明を添付の図面と関連付けて読むと、本発明の完全な理解が得られる。図1は、管状製品3の内部で検査を行う位置にある本発明による装置1を示している。この管状製品3は、例えば、加圧水型原子力発電所の蒸気発生器の管の

ような熱交換器管であり得る。このような管は、約1インチ(25.4mm)よりも小さく、そして約0.5インチ(12.7mm)の小ささの内径 d_1 を持つことがあり得る。

【0013】装置1は、約1インチと小さくそして約0.5インチでもあり得る外径 d_2 を有する細長い管状ケーシング5を有している。プローブハウジング5は先端7において、管3へ挿入するために半球状になっている。管状製品3の内壁表面15に対してプローブハウジング5を心合わせするために、公知の調心装置9、11が先端7及び基端13にそれぞれ隣接してハウジング5に設けられている。

【0014】細長い管状ケーシング5の中に、管3の内壁表面15上に構成光19のパターンを発生するためのパターン発生器17が設けられ、そして内壁表面15上の光19の構成パターンの交差の像を捕捉するためのビデオカメラのような電子カメラ21が設けられている。12.7mm(0.5インチ)より小さい外径のビデオカメラは商業的に入手可能である。そのような小さい外径であっても、例えば、768画素×494画素の像を発生し、4.8mm×3.6mmの有効像面積を生ずることのできるカメラが入手できる。このようなカメラは、従来使用されていた光ファイバ束よりも更に高い解像度を提供できる。

【0015】パターン発生器17は、ダイオードレーザ25とその作動のために電力を供給する電池パック27からなる自立レーザ光発生器23を有する。このレーザビーム光発生器23はプローブハウジング5の中で先端7の近くに支持されていて、プローブハウジング5の基端13に向かってプローブハウジング5の中心軸31に殆ど一致して軸方向にレーザビーム光29を発射する。パターン発生器17は又、レーザビーム光29をレーザ光放射の構成パターン19に転換するための光学系33を有する。光学系33は、レーザビーム光29から中空円錐形のレーザ光放射及び中心光を発生する回折格子35を有している。光学系33は更に、内部のアパーチャ39が放射41の中心中空円錐と不必要な中心光43のみを通過させるプレート37を有している。光学系33の一部を形成する円錐ミラー45がアパーチャ39に対向すると共に軸が一致し、このためレーザビーム光29と位置が合っている。円錐ミラー45は、中空円錐形の放射41を環状の透明部47を通して半径方向外向きに反射し、管3の内壁表面15の上にレーザ光放射の連続輪の形の放射19の構成パターンを発生する。円錐ミラー45は截頭されて平坦面49を形成しており、これは光学系33によって生成された不必要な中心光43を吸収するようにコーティングがされている。ビデオカメラ21は、円錐ミラー45の背面を向き、且つこれから間隔を置いて、管3の内壁表面15の上のレーザ光放射19の輪からの視野線51を含む視界を有してい

5

る。このようにして、カメラ21はレーザー光放射19の輪の全像を捕捉する。

【0016】円錐ミラー45は、板部材53によってレーザービーム光29に整列してプローブハウジング5の中に支持されている。好ましくは、この板部材53は、円錐ミラー45によって半径方向外向きに反射されたレーザー光放射41'の輪又は管3の内壁表面15の上のレーザー光放射19からビデオカメラ21への視野線と交差しないようにプローブハウジング5の中で円錐ミラー45に対して軸方向に位置付けられる。このような訳で、板部材53は、反射を防止するために光吸収表面でコーティングされている。

【0017】図2に示されるように、円錐ミラー45の角度 θ_1 及び回折格子35とアパーチャ39によって発生される放射41の円錐角度 θ_2 は、円錐ミラー45における放射41の中空円錐の入射及び反射角 θ_3 が、管内壁表面15における放射輪19の入射角 θ_4 を90°よりも小さくするように選定される。加えて、円錐ミラー45とアパーチャ39の距離は、管内壁表面15から反射された放射41'が円錐ミラー45に導かれず、その代わりに、円錐ミラー45の放射反射物質がコーティングされた後部表面55に衝突するように選定されている。

【0018】本発明は、凹み57のような管状製品3の欠陥を検知するための高解像度でシンプルな且つコスト効率の良い光学形状検査システムを提供する。自己の電池バック27を備えたダイオードレーザ25を有する自立型レーザビーム光発生装置は、レーザビーム光を伝送する光ファイバの必要性を除去し、これは相当な大きさの高解像度ビデオカメラのためにより多くの空間を提供する。レーザ光源用の電源線が無いことは、ダイオードレーザ及び電池を円錐ミラーに関しビデオカメラの反対側に位置させることを可能とし、このため検査されている管状製品の内面上に投射された光の構成パターンの360°妨害無しの視野をビデオカメラが有する。ビデオカメラが細長いプローブハウジング5の基端13に隣接して配置されて、カメラ導線59が光学系33と干渉することなくハウジング及び管状製品3から容易に延出できる。

6

【0019】本発明の特定の実施形態が以上に説明されたが、説明の全体的な教示に照らして細部の種々な変更及び置換が為され得ることは当業者によって理解されるであろう。従って、開示された特定の配置構造は例示のためだけのものであり、本発明の範囲を制限することは意味せず、本発明の範囲には添付された請求項の全幅及びいかなる且つすべての均等物が与えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】熱交換器管を検査する位置で示された、本発明による装置の縦断面図である。

【図2】該装置内におけるレーザー光放射の通路及び該装置の一部を形成するビデオカメラの視野線を示す拡大図式図である。

【符号の説明】

- 1 装置
- 3 管状製品
- 5 管状ケーシング
- 7 先端
- 9, 11 調芯装置
- 13 基端
- 15 内壁表面
- 17 パターン発生器
- 19 光
- 21 電子カメラ
- 23 レーザビーム光発生器
- 25 ダイオードレーザ
- 29 レーザビーム光
- 31 中心軸
- 33 光学系
- 35 回折格子
- 37 プレート
- 39 アパーチャ
- 41 放射
- 43 中心光
- 45 円錐ミラー
- 47 透明部
- 49 平坦面
- 53 板部材

Technical drawing of a gas turbine engine in longitudinal section. The diagram shows the internal components, including the compressor, combustion chamber, and turbine. Various parts are labeled with numbers: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. The drawing also includes dimensions: 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

(72)発明者 ローレンス・ジェイ・ザーナ
アメリカ合衆国、フロリダ州、ギブソニア、ウィンストリーム・ドライブ 3284

(72)発明者 ジェイムズ・シー・セイモア
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州、マリ
ースヴィル、サーディス・ロード 5374